

## Composition nutritionnelle et capacité antioxydante de quatre variétés de tomate (*Lycopersicon esculentum mill*) cultivées en Côte d'Ivoire

### [ Nutritional composition and antioxidant capacity of four tomato varieties cultivated in Cote d'Ivoire ]

*Syndoux Dembélé<sup>1</sup>, N'dri Emmanuel Koffi<sup>2-3</sup>, Ibrahima Cissé<sup>3</sup>, Amissa Augustin Adima<sup>3</sup>, Koffi Yao<sup>3</sup>, and Anin Atchibri Anin Louise<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Laboratoire de Nutrition et Sécurité Alimentaire (NSA), UFR STA, Université Nangui Abrogoua, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

<sup>2</sup>Ecole Normale Supérieure (ENS), Département des Sciences et Technologie, 08 BP 10 Abidjan 08, Côte d'Ivoire

<sup>3</sup>INP-HB, Laboratoire de Procédés Industriels, de Synthèse, de l'Environnement et des Energies Nouvelles (LAPISEN), BP 1093 Yamoussoukro, Côte d'Ivoire

Copyright © 2019 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** Nutrient contents and antioxidant capacity of four tomato varieties (UC82 b, Amiral F1, locale cotelette and locale cerise) were determined by spectrophotometric method. Among these varieties, Amiral F1 had the highest antioxidant capacity with an EC<sub>50</sub> of 3.47 mg/mL and rate of total polyphenols (17.5 mg/100 g GAE). In addition, locale cotelette was richer in lycopene (2.9 mg per 100 g of fresh tomatoes) and vitamin C (35.4 mg/100 g of fresh tomatoes) than other tomato varieties. The highest calcium (31 mg per 100 g of fresh tomatoes), magnesium (21 mg per 100 g of fresh tomatoes) and potassium (333 mg per 100 g of fresh tomatoes) contents were also observed for this variety in particular. The results highlighted that UC82 b was the best source of iron (0.065 mg per 100g of fresh tomatoes), phosphorus (23 mg per 100 g of fresh tomatoes), manganese (0.086 mg per 100 g of fresh tomatoes) and zinc (0.11 mg per 100 g of fresh tomatoes). This work showed that the different varieties of tomatoes studied have high antioxidant capacity. Thus, they could be used to prevent oxidative stress.

**KEYWORDS:** Antioxidant activity; Lycopene; Total polyphenols; Tomato.

**RÉSUMÉ:** La teneur en nutriment et en composés à pouvoir antioxydant de quatre variétés de tomate (UC82 b, Amiral F1, locale côtelette et locale cerise) ont été déterminés par la méthode spectrophotométrique. Parmi ces variétés étudiées, Amiral F1 présente le plus fort pouvoir antioxydant avec une EC<sub>50</sub> de 3,47 mg/mL et le plus fort taux de polyphénols totaux (17,5 mg/100 g EAG). Par ailleurs, la variété locale côtelette est la plus riche en lycopène (2,9 mg pour 100 g de tomate fraîche) et en vitamine C (35,4 mg/100 g de tomate fraîche). Cette variété présente également le plus fort taux de calcium (31 mg pour 100 g de tomate fraîche), de magnésium (21 mg pour 100 g de tomate fraîche) et de potassium (333 mg pour 100 g de tomate fraîche). La variété UC82 b représente la meilleure source de fer (0,065 mg pour 100g de tomate fraîche), de phosphore (23 mg pour 100 g de tomate fraîche), de manganèse (0,086 mg pour 100 g de tomate fraîche) et de zinc (0,11 mg pour 100 g de tomate fraîche). Il ressort de cette étude que les différentes variétés de tomates étudiées sont dotées de forts pouvoirs antioxydants. De ce fait, elles pourraient être utilisées pour lutter contre le stress oxydatif.

**MOTS-CLEFS:** Activité antioxydante ; Lycopène; polyphénols totaux ; Tomate.

## **1 INTRODUCTION**

*Lycopersicon esculentum mill* communément appelé tomate est une plante originaire du nord-ouest d'Amérique du Sud. Elle a été longtemps considérée comme une plante ornementale. Aujourd'hui, elle fait partie des légumes-fruits les plus consommés dans le monde entier. Elle est la troisième espèce la plus cultivée dans le monde, après la pomme de terre et la patate douce [1]. De plus, elle représente le deuxième légume-fruit le plus consommé dans le monde après la pomme de terre [2].

Les fruits de cette plante également appelés tomates se présentent sous différentes couleurs en fonction de leur stade de maturité (verte, jaune, orange ou rouge). La couleur rouge des tomates indique le stade de pleine maturité. Cette coloration est due aux caroténoïdes synthétisés lors de sa maturation [3]. Le principal caroténoïde responsable de cette coloration est le lycopène qui est un très puissant antioxydant [4]. Ce composé n'est apporté à l'organisme que par l'alimentation [5].

Selon Giovannucci [6], les personnes ayant un apport élevé en lycopène ou des produits à base de tomate sont de moins en moins atteintes du cancer de la prostate. Aussi, une corrélation a été établie entre la consommation de tomate ou d'aliments à base de tomate et la réduction des maladies telles que les maladies cardiovasculaires, les infections gastro-intestinales et les infections des cellules épithéliales [7, 8]. Cela serait due aux composés antioxydants que contiennent les tomates tels que les vitamines C et E, les flavonoïdes et autres composés phénoliques [9].

D'autres études ont mis en exergue les propriétés nutritionnelles et antioxydantes des tomates [10] ; [11] ; [12]. Cependant, peu de données scientifiques sont disponibles pour les tomates de Côte d'Ivoire. Or, la composition physico-chimiques d'une plante peut être influencée par les conditions environnementales, climatiques, le type de sol, la variété et le stade de maturité des fruits de cette plante [13, 14]. C'est ainsi que nos travaux ont porté sur la détermination de la valeur nutritionnelle et de la capacité antioxydante de quatre variétés de tomate qui y sont cultivées. Ils portent essentiellement sur la détermination de la teneur en macronutriment (glucides, lipides et protéines), micronutriment, oligonutriment, composés à pouvoir antioxydant et à l'évaluation l'activité antioxydante de chacune de ces variétés.

## **2 MATÉRIEL ET MÉTHODES**

### **2.1 MATÉRIEL**

#### **2.1.1 MATÉRIEL VÉGÉTAL**

Trois variétés locales de tomate (*UC82 b* ; *cerise* et *côtelette*) et une variété hybride de tomate appelé (*Amiral F1*) ont été utilisées pour cette étude. Ces différentes variétés ont été récoltées chez trois différents cultivateurs du district de Yamoussoukro plus précisément de N'gattakro, Zatta et Lolobo qui sont des localités situées au centre de la Côte d'Ivoire.

#### **2.1.2 PRODUITS CHIMIQUES**

Les produits chimiques utilisés sont de qualité analytique. Il s'agit du méthanol (Carlo Erba, Espagne), du réactif de Folin-Ciocalteu (Panreac quimica, Espagne), du nitrite de sodium (Merck, Allemagne), du carbonate de calcium (Merck, Allemagne), du chlorure d'aluminium (Merck, Allemagne), de l'hydroxyde de sodium (Scharlau, Espagne), d'acide citrique (Riedel-de-Haën, Allemagne), d'éthanol (Carlo Erba, Espagne), d'acétone (Carlo Erba, Espagne), d'acide chlorhydrique (Panreac quimica, Espagne), d'acide sulfurique 96% (Carlo Erba, Espagne). Les standards utilisés pour la quantification des polyphénols ont été l'acide gallique (Sigma Aldrich, Allemagne) pour les polyphénols totaux et la quercétine (Sigma-Aldrich, Allemagne) pour les flavonoïdes totaux. La solution étalon multiéléments a été utilisée pour le dosage des oligoéléments (Tecknolab AB, Suède). Le DPPH (2,2-diphényl-1-picryl-hydrazyl) pour la détermination de l'activité antioxydante et le  $\beta$ -carotène pour le dosage des caroténoïdes provenaient de Fluka (Etat-Unis).

### **2.2 MÉTHODE**

#### **2.2.1 ECHANTILLONNAGE**

Les prélèvements ont eu lieu pendant la période de décembre 2016 à janvier 2017. Ils ont concerné les fruits fermes au stade de maturité commerciale (couleur rouge). Les fruits prélevés ont été conservés dans des glacières contenant de la glace puis acheminés au laboratoire. Ensuite, les échantillons collectés ont été rassemblés par variété et divisés en deux lots. Le

premier lot a été séché à 60°C pendant 48 heures puis broyé et le second lot mis au réfrigérateur à 4 °C pour les différentes analyses.

### **2.2.2 PRÉPARATION DE L'EXTRAIT ÉTHANOLIQUE**

L'échantillon séché a été broyé puis 10 g du broyat a été homogénéisé dans 100 mL d'éthanol à 70 % (V/V) pendant 24 heures. Le mélange a été centrifugé à 1000 tours/min pendant 10 min. Le surnageant a été récupéré et séché à 60°C pendant 48 heures. Après cela, Ces extraits ont servi au dosage des polyphénols totaux, flavonoïdes totaux et à la détermination de l'activité antioxydante des différentes tomates.

### **2.2.3 DÉTERMINATION DES PARAMÈTRES PHYSICO-CHIMIQUES DES TOMATES**

Le taux d'humidité, le taux de cendre, la matière sèche, l'acidité titrable et le pH ont été déterminés selon la méthode AOAC[15].

### **2.2.4 DÉTERMINATION DE LA TENEUR EN MACRONUTRIMENTS DES TOMATES**

Le dosage des fibres brutes et celui des protéines totales extraites par Kjeldahl a été réalisé selon la méthode AOAC[15], Par ailleurs, la teneur en lipides totaux extraits par Soxhlet a été déterminée selon la méthode AFNOR[16]. Enfin, la teneur en glucides totaux a été déterminée selon la méthode FAO[17] utilisant la formule suivante :

$$\text{Glucides totaux (\%)} = 100 - [(\% \text{ protéine}) + (\% \text{ lipide}) + (\% \text{ eau}) + (\% \text{ cendres})]$$

### **2.2.5 DÉTERMINATION DE LA VALEUR ÉNERGÉTIQUE DES TOMATES**

La valeur énergétique totale a été déterminé selon la méthode FAO[17] utilisant la formule suivante.

$$\text{Valeur Énergétique (Kcal/100g MF)} = (\% \text{ protéine} \times 4) + (\% \text{ lipide} \times 9) + (\% \text{ glucide} \times 4)$$

### **2.2.6 DÉTERMINATION DE LA TENEUR EN MINÉRAUX DES TOMATES**

Les minéraux tels que le calcium, le fer, le magnésium, le phosphore, le potassium, le manganèse et le zinc ont été dosés par un spectrophotomètre à flamme d'absorption atomique (Varian AA 20 Spectrometer, Australia). Les teneurs en minéraux des différentes variétés de tomates ont été déterminées selon la droite d'étalonnage de chaque minéral recherché.

### **2.2.7 DÉTERMINATION DE LA TENEUR EN VITAMINE C DES TOMATES**

La teneur en vitamine C a été déterminée selon la méthode de Pelletier *et al* [18]. Pour ce faire, 10 g de tomates fraîches préalablement découpée a été broyée puis solubilisée dans 40 mL d'acide métaphosphorique à 2 %. L'ensemble a été ensuite soumis à une centrifugation de 3000 tours/min pendant 20 min. Le surnageant obtenu a été introduit dans une fiole jaugé de 50 mL et le volume a été ajustée avec de l'eau distillée. Après agitation, 10 mL du mélange ont été titrés avec une solution de 2,6 DCPIP à 0,5 g/L jusqu'au virage au rose (rose champagne). La teneur en vitamine C a été déterminée comme suit :

$$\text{Vitamine C (\%)} = \frac{(0,5 \times v \times 10^3 \times 500)}{m_e}$$

Avec :

**v** : Le volume de 2,6 DCPIP versé à l'équivalence

**m<sub>e</sub>** : La prise d'essai

### **2.2.8 DOSAGE DES CAROTÉNOÏDES TOTAUX DES TOMATES**

La teneur en caroténoïde a été déterminée selon la méthode de FAO [17]. Pour ce faire, 2 g d'échantillon frais ont été broyés et homogénéisés dans 50 mL d'acétone jusqu'à décoloration complète du résidu. Après filtration, les filtrats ont été introduits dans une ampoule à décanter auxquels 100 mL d'éther de pétrole ont été ajoutés avant d'agiter légèrement puis laisser au repos. La phase éthérée (phase contenant les caroténoïdes) a été récupérée dans une autre ampoule, lavée avec

50 mL d'eau distillée puis séchée avec 10 g de sulfate de sodium anhydre. L'absorbance de cette solution a été lue au spectrophotomètre à 450 nm contre l'éther de pétrole. La teneur en caroténoïde a été déterminée en fonction d'une droite d'étalonnage en équivalent  $\beta$ -carotène par gramme du poids frais.

### 2.2.9 DOSAGE DU LYCOPÈNE DES TOMATES

Le lycopène a été dosé dans les tomates selon la méthode décrite par Benakmoom *et al* [19]. Une masse de 0,1g de la poudre de tomate a été dissoute dans 10 mL de mélange de solvant (hexane/acétone/éthanol, 50/50/1, v/v/v) puis agité pendant 10 min. L'ensemble a été soumis à une centrifugation à 5000 tours par minute pendant 15 min. Ensuite 1 mL de la phase organique a été récupéré et dilué dans 10 mL d'hexane. L'absorbance de cette solution a été mesurée à 472 nm avec l'hexane comme le blanc. La teneur en lycopène a été déterminée selon la formule suivante :

$$Teneur\ en\ lycopène\ (\%) = \frac{(Abs_{472} \times Fd \times 10^5 \times V)}{3450 \times 100 \times m}$$

**F<sub>d</sub>** : Facteur de dilution

**V** : Volume du solvant d'extraction,

**3450** : Coefficient d'extinction de l'hexane,

**m** : Poids de la prise d'essai.

### 2.2.10 DOSAGE DES POLYPHÉNOLS TOTAUX DES TOMATES

A 2,5 mL de réactif de Folin-Ciocalteu dilué au 1/10<sup>ème</sup> sont ajoutés 30  $\mu$ L d'extrait dilué de tomate. Le mélange est maintenu pendant 2 min à l'obscurité à température ambiante ( $30 \pm 2$  °C). Un volume de 2 mL de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (75 g.L<sup>-1</sup>) y a été ajouté. Le mélange obtenu a été incubé à 50 °C dans un bain marie pendant 15 min pour permettre le total développement de la coloration bleue du mélange réactionnel. L'absorbance est lue au spectrophotomètre UV-visible à la longueur d'onde de  $\lambda = 760$  nm. La quantité de polyphénols dosés a été exprimée en mg EAG (Equivalent Acide Gallique) par g de végétal sec extrait selon la méthode de Singleton et Wood, [20, 21]. Les dosages ont été effectués en triple.

### 2.2.11 DOSAGE DES FLAVONOÏDES TOTAUX DES TOMATES

Le dosage des flavonoïdes totaux a été réalisé selon la méthode décrite par Marinova *et al*, [22]. A 0,75 mL de NaNO<sub>2</sub> à 5 % (m/v) ont été ajoutés 0,75 mL d'AlCl<sub>3</sub> à 10 % (m/v) et 2,5 mL d'extrait dilué de tomate. Après 6 min de réaction à l'obscurité à température ambiante ( $30 \pm 2$  °C), 5 mL de NaOH (1 M) ont été ajoutés au mélange. Après cela, le volume du mélange a été ajusté à 25 mL avec de l'eau distillée. Le tout a été soumis à une agitation vigoureuse. Enfin, l'absorbance de la solution obtenue a été mesurée au spectrophotomètre à  $\lambda = 510$  nm. La quantité de flavonoïdes totaux dosés a été exprimée en mg EQ (Equivalent Quercétine) par g de végétal sec extrait. Tous les dosages sont réalisés en triple.

### 2.2.12 DÉTERMINATION DE L'ACTIVITÉ ANTIOXYDANTE DES TOMATES PAR LA MÉTHODE AU DPPH

L'activité antioxydante des tomates a été déterminée selon la méthode décrite par Von gadow [23]. Elle a consisté à déterminer le pourcentage d'inhibition du DPPH par les extraits de tomate et leur concentration efficace à 50 % (EC<sub>50</sub>). Pour ce faire, à 50  $\mu$ L de chaque extrait éthanolique pris à différentes concentrations (1 ; 2 ; 3; ... ;10 mg/mL), ont été ajoutés 5 mL de DPPH méthanolique à 25 mg.L<sup>-1</sup> puis incubé à température ambiante à l'abri de la lumière pendant 30 min. Après l'incubation, l'absorbance de la solution a été lue à 515 nm par rapport au méthanol. Pour le témoin, les 50  $\mu$ L de l'échantillon ont été remplacés par 50  $\mu$ L de méthanol. Le pourcentage d'inhibition (%inh) des extraits éthanoliques de tomate a été déterminé comme suit:

$$\% \text{ Inhibition} = \frac{(A_0 - A_{30}) \times 100}{A_0}$$

Avec :

**A<sub>0</sub>** = absorbance du témoin après 30 min d'incubation,

**A<sub>30</sub>** = absorbance de l'échantillon après 30 min d'incubation.

La concentration efficace à 50% de DPPH des différents extraits a été déterminée en fonction de la droite  $f(C) = \%inhibition$ . Elle a été déterminée comme suit :

$$EC_{50} = \frac{(50 - b)}{a}$$

Avec :

**a**= le coefficient directeur de la droite

**f(C)**= % inhibition

**b**= l'ordonnée à l'origine

### 2.2.13 ANALYSES STATISTIQUES

L'analyse statistique a été réalisée en faisant une analyse des variances à un facteur (ANOVA à 1 facteur) pour toutes les données (moyenne de chaque paramètre dosé). Cette analyse a été réalisée à l'aide du logiciel *Statistica 7.1*. Les comparaisons des moyennes ont été effectuées par le test de Newman-Keuls au niveau de signification de 5 %.

## 3 RÉSULTATS

### 3.1 CARACTÉRISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DES TOMATES

Le tableau I présente les caractéristiques physico-chimiques de quatre variétés de tomate (*UC82 b*, *Amiral F1*, *locale côtelette* et *locale cerise*), cultivées en Côte d'Ivoire. Les teneurs en eau des tomates étudiées sont tous supérieures à 91 %. Les taux de cendre déterminés pour ces tomates varient entre 0,5 % et 0,8 %. Dans l'ordre croissant, le taux de cendre de la variété *UC82 b* < *Amiral F1* < *locale cerise* < *locale côtelette*. Le pH des différentes tomates étudiées varie de 3,6 à 4,1. La variété *locale cerise* présente le pH le plus bas (pH=3,6) tandis que la variété *Amiral F1* présente le pH le plus élevé (pH= 4,1). Dans l'ordre croissant de pH nous avons : pH (*locale cerise*) < pH (*locale côtelette*) < pH (*UC82 b*) < pH (*Amiral F1*).

**Tableau 1.** Caractéristiques physico-chimiques des quatre variétés de tomate (pour 100g de tomate fraîche)

	pH	Humidité (g)	Matière sèche (g)	Acidité titrable (méq)	Cendre (g)
<i>UC82 b</i>	4,10 ± 0,01 <sup>c</sup>	94,30 ± 0,10 <sup>b</sup>	5,69 ± 0,10 <sup>b</sup>	9,33 ± 0,57 <sup>a</sup>	0,51 ± 0,01 <sup>a</sup>
<i>Amiral F1</i>	4,00 ± 0,01 <sup>d</sup>	95,05 ± 0,01 <sup>c</sup>	4,95 ± 0,01 <sup>a</sup>	8,65 ± 0,56 <sup>a</sup>	0,59 ± 0,00 <sup>a,b</sup>
<i>Locale côtelette</i>	3,90 ± 0,01 <sup>b</sup>	91,76 ± 0,04 <sup>a</sup>	8,24 ± 0,04 <sup>c</sup>	18,26 ± 1,12 <sup>b</sup>	0,77 ± 0,05 <sup>c</sup>
<i>Locale cerise</i>	3,60 ± 0,05 <sup>a</sup>	93,99 ± 0,34 <sup>b</sup>	6,01 ± 0,34 <sup>b</sup>	26,00 ± 2,00 <sup>c</sup>	0,71 ± 0,08 <sup>b,c</sup>

Les valeurs affectées des mêmes lettres sur la même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil ( $p \leq 0,05$ )

### 3.2 COMPOSITION NUTRITIONNELLE DES TOMATES

#### 3.2.1 TENEUR EN MACRONUTRIMENTS ET VALEUR ÉNERGÉTIQUE DES TOMATES

Le tableau II présente les teneurs en protéines totales, glucides totaux, lipides totaux, fibres ainsi que la valeur énergétique de quatre variétés de tomate (*UC82 b*, *Amiral F1*, *locale côtelette* et *locale cerise*), cultivées en Côte d'Ivoire. La teneur en protéine totale des quatre variétés de tomates varie de 0,74 à 1,46 g pour 100 g de tomate fraîche. Parmi les tomates étudiées, la variété *locale côtelette* a la plus forte teneur en protéine. Par contre, la variété *UC82 b* contient la faible quantité de protéine. Cependant, les analyses statistiques ont montré qu'il n'existe pas de différence significative entre la teneur en protéine des variétés *Amiral F1* et *UC82 b* ( $p < 0,05$ ).

Les teneurs en lipides totaux de ces tomates varient de 0,05 à 0,79 g pour 100 g de tomate fraîche. L'analyse des résultats a montré que la variété *locale cerise* est la plus riche en lipide et la variété *UC82 b*, la moins riche en lipide.

Les résultats obtenus indiquent également que la variété *locale côtelette* est la plus riche en glucide (5,58 g/100 g de tomate fraîche). Par contre, la variété *Amiral F1* présente la plus faible teneur en glucide (3,48 g/100 g tomate fraîche). Le taux de glucide de la variété *locale cerise* étant supérieur à celui d'*Amiral F1*, n'est cependant pas différent à  $p < 0,05$ .

La teneur en fibre brute des quatre variétés de tomate est comprise entre 0,7 et 2 g pour 100 g de tomate fraîche. La variété de tomate *locale côtelette* a la plus forte teneur en fibre tandis que la variété améliorée *Amiral F1* a la plus faible teneur en fibre.

La valeur énergétique de ces quatre variétés de tomate varie de 18 à 32 kilocalories pour 100 g tomate fraîche. Parmi ces quatre variétés de tomate, c'est la variété *locale côtelette* qui a la plus forte valeur énergétique. Par contre, la variété *Amiral F1* présente la plus faible valeur énergétique. Par ordre croissant de valeur énergétique, nous avons le classement suivant : valeur énergétique (*Amiral F1*) < valeur énergétique (*UC82 b*) < valeur énergétique (*locale cerise*) < valeur énergétique (*locale côtelette*).

**Tableau 2. Composition en macronutriments des quatre variétés de tomate (pour 100g de poids frais)**

	Glucides (g)	Lipides (g)	Protéines (g)	Val E. (Kcal)	Fibres (g)
<i>UC82 b</i>	4,40 ± 0,02 <sup>b</sup>	0,05 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,74 ± 0,06 <sup>a</sup>	21,02 ± 0,43 <sup>a</sup>	1,02 ± 0,11 <sup>a, b</sup>
<i>Amiral F1</i>	3,48 ± 0,02 <sup>a</sup>	0,11 ± 0,01 <sup>a, b</sup>	0,76 ± 0,01 <sup>a</sup>	17,99 ± 0,09 <sup>a</sup>	0,701 ± 0,03 <sup>a</sup>
<i>Locale côtelette</i>	5,58 ± 0,14 <sup>c</sup>	0,43 ± 0,23 <sup>b, c</sup>	1,46 ± 0,06 <sup>c</sup>	32,03 ± 1,5 <sup>c</sup>	2,04 ± 0,38 <sup>c</sup>
<i>Locale cerise</i>	3,56 ± 0,08 <sup>a</sup>	0,79 ± 0,14 <sup>c</sup>	0,95 ± 0,05 <sup>b</sup>	25,15 ± 1,73 <sup>b</sup>	1,48 ± 0,04 <sup>b</sup>

Les valeurs affectées des mêmes lettres sur la même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil ( $p \leq 0,05$ )

### 3.2.2 TENEUR EN MICRONUTRIMENT DES DIFFÉRENTES VARIÉTÉS DE TOMATE

Le tableau III présente les teneurs en divers minéraux (Calcium, Fer, Magnésium, Phosphore, Potassium, Manganèse et zinc) de quatre variétés de tomate cultivées en Côte d'Ivoire (*UC82 b*, *Amiral F1*, *locale côtelette* et *locale cerise*). Les quatre variétés de tomate cultivées en Côte d'Ivoire contiennent à des proportions variables les minéraux tels que calcium, fer, magnésium, phosphore, potassium, manganèse et zinc. Parmi celles-ci, *locale côtelette* est la plus riche en calcium (31 mg), en magnésium (21 mg) et en potassium (332,6 mg). La variété *UC82 b* représente la meilleure source de zinc (0,11 mg) et de phosphore (22,62 mg). Cependant la teneur en fer et en manganèse des quatre variétés de tomate ne sont pas significativement différents au seuil de significativité de 5%.

**Tableau 3. Composition en minéraux des quatre variétés de tomate (en mg pour 100g de tomate fraîche)**

	<i>UC82 b</i>	<i>Amiral F1</i>	<i>Locale côtelette</i>	<i>Locale cerise</i>
Ca	20,65 ± 0,52 <sup>a</sup>	19,88 ± 0,07 <sup>a</sup>	30,99 ± 0,30 <sup>b</sup>	22,23 ± 2,38 <sup>a</sup>
Fe	0,065 ± 0,02 <sup>a</sup>	0,046 ± 0,13 <sup>a</sup>	0,049 ± 0,02 <sup>a</sup>	0,052 ± 0,03 <sup>a</sup>
Mg	15,89 ± 0,57 <sup>b</sup>	11,85 ± 0,04 <sup>a</sup>	20,99 ± 0,20 <sup>c</sup>	17,02 ± 1,82 <sup>b</sup>
P	22,62 ± 0,82 <sup>c</sup>	12,90 ± 0,05 <sup>a</sup>	16,41 ± 0,14 <sup>b</sup>	19,68 ± 2,1 <sup>c</sup>
K	313,47 ± 11,4 <sup>b</sup>	248,39 ± 1,14 <sup>a</sup>	332,67 ± 3,12 <sup>b</sup>	313,04 ± 32,79 <sup>b</sup>
Mn	0,09 ± 0,03 <sup>a</sup>	0,06 ± 0,03 <sup>a</sup>	0,06 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,07 ± 0,02 <sup>a</sup>
Zn	0,11 ± 0,03 <sup>b</sup>	0,06 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,078 ± 0,01 <sup>a, b</sup>	0,07 ± 0,00 <sup>a, b</sup>

Les valeurs affectées des mêmes lettres sur la même ligne ne sont pas significativement différentes au seuil ( $p \leq 0,05$ )

### 3.3 TENEUR EN COMPOSÉS À POUVOIR ANTIOXYDANT DES DIFFÉRENTES VARIÉTÉS DE TOMATE

Le tableau IV présente les teneurs en composés à pouvoir antioxydant (vitamine C, caroténoïde, lycopène, polyphénols totaux et flavonoïdes totaux) de quatre variétés de tomate (*UC82 b*, *Amiral F1*, *locale côtelette* et *locale cerise*), cultivées en Côte d'Ivoire. La teneur en vitamine C des quatre variétés de tomate étudiées varie de 9 à 35,4 mg pour 100 g de tomate fraîche. La variété *locale côtelette* est la plus riche en vitamine C tandis que la variété *Amiral F1* est la moins riche en vitamine C. La teneur en caroténoïde des quatre variétés de tomate varie de 13 à 21,6 mg équivalent  $\beta$ -carotène pour 100 g de tomate fraîche. La variété *UC82 b* présente la teneur la plus élevée en caroténoïde tandis que la variété *Amiral F1* présente la plus faible teneur en caroténoïde. Les analyses statistiques ont montré qu'il n'existe pas de différence significative à  $p < 0,05$  entre les teneurs en caroténoïde des variétés *locale cerise* et *locale côtelette*. La teneur en lycopène des quatre variétés de tomate varie de 1,7 à 2,9 mg pour 100 g de tomate fraîche. La variété *locale côtelette* a la plus forte teneur en lycopène (2,9 mg). En revanche la variété *Amiral F1* a la plus faible teneur en lycopène (1,7 mg). Le classement en partant de la plus faible teneur à la plus forte teneur en lycopène des tomates analysées est le suivant : *Amiral F1* (1,7 mg) < *UC82 b* (2,04 mg) < *locale cerise* (2,15 mg) < *locale côtelette* (2,95 mg). Cependant, les analyses statistiques ont montré que le taux de lycopène des variétés *UC82 b* et *locale cerise* ne sont pas significativement différents au seuil de 5%.

La teneur en polyphénols totaux des quatre variétés de tomate varie de 13 à 17,5 mg/100 g EAG de tomate fraîche. La variété *Amiral F1* contient la plus forte teneur en polyphénol tandis que la variété *locale cerise* a la plus faible teneur en

polyphénol. Cependant, la teneur en polyphénol des variétés *locale côtelette* et *UC82 b* ne présente pas de différence significative au seuil de 5%.

La teneur en flavonoïdes totaux des quatre variétés de tomate varie de 2 à 3,1 mg/100 g équivalent quercétine de tomate fraîche. Le taux de flavonoïde est le plus élevé dans la variété *locale cerise* (3,1 mg) par contre la variété *UC82 b* (1,98 mg) a le plus faible taux de flavonoïde. La teneur en flavonoïde des différentes variétés de tomate dans l'ordre croissant est comme suit : *UC82 b* (1,98 mg) < *locale côtelette* (2,5 mg) < *Amiral F1* (2,6 mg) < *locale cerise* (3,1 mg). Les analyses statistiques ont aussi montré qu'il n'existe pas de différence significative entre la teneur en flavonoïde des variétés *Amiral F1* et *locale côtelette* au seuil de significativité 5%.

**Tableau 4. Teneur en composés à pouvoir antioxydant des quatre variétés de tomate pour 100 g de tomate fraîche**

	Vitamine C (mg)	Caroténoïdes (mg éq β-carotène)	Lycopènes (mg)	Polyphénols. (mg EAG)	Flavonoïdes (mg EQ)
<i>UC82 b</i>	20,34 ± 00 <sup>b</sup>	21,6 ± 1,00 <sup>c</sup>	2,04 ± 0,3 <sup>b</sup>	16,5 ± 1,3 <sup>b</sup>	1,98 ± 0,5 <sup>a</sup>
<i>Amiral F1</i>	9,04 ± 00 <sup>a</sup>	13,0 ± 0,3 <sup>a</sup>	1,77 ± 0,03 <sup>a</sup>	17,49 ± 3,7 <sup>c</sup>	2,6 ± 00 <sup>b</sup>
<i>Locale côtelette</i>	35,4 ± 6,52 <sup>c</sup>	15,9 ± 0,1 <sup>b</sup>	2,95 ± 0,14 <sup>c</sup>	16,2 ± 2,0 <sup>b</sup>	2,5 ± 1,5 <sup>b</sup>
<i>Locale cerise</i>	31,64 ± 00 <sup>c</sup>	17,0 ± 0,3 <sup>b</sup>	2,15 ± 1,2 <sup>b</sup>	12,8 ± 1,5 <sup>a</sup>	3,1 ± 1,00 <sup>c</sup>

Les valeurs affectées des mêmes lettres sur la même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil ( $p \leq 0,05$ )

### 3.4 ACTIVITÉ ANTIOXYDANTE DES DIFFÉRENTES VARIÉTÉS DE TOMATE

Le tableau V présente l'activité antioxydante de quatre variétés de tomate cultivées en Côte d'Ivoire (*UC82 b*, *Amiral F1*, *locale côtelette* et *locale cerise*) par la détermination de la concentration efficace à 50% (EC<sub>50</sub>). La concentration efficace EC<sub>50</sub> des différentes variétés de tomate est comprise entre 3,47 et 6,74 mg/mL d'extrait. Elle représente la quantité de l'extrait pour laquelle le radical DPPH est réduit à moitié. A cet effet, lorsque la concentration inhibitrice est faible, le pouvoir antioxydant de l'extrait de tomate est plus élevé [24]. Dans l'ordre décroissant, la variété *locale cerise* présente la plus forte concentration efficace qui est suivie de celle de la variété *UC82 b*. Après cela nous avons l'EC<sub>50</sub> de la variété *locale côtelette* et celle la variété *Amiral F1*. Sachant que l'activité antioxydante varie inversement par rapport à la concentration efficace à 50%, le classement par ordre décroissant d'activité antioxydant est le suivant : *Amiral F1* > *locale côtelette* > *UC82 b* > *locale cerise*. Les quatre variétés de tomate analysées ont un pouvoir antioxydant plus faible que celle de la vitamine C.

**Tableau 5. Activité antioxydante des quatre variétés de tomate**

	EC <sub>50</sub> (mg/mL)
<i>Variété de tomate</i>	
<i>UC82 b</i>	6,27 ± 0,14 <sup>d</sup>
<i>Amiral F1</i>	3,47 ± 0,16 <sup>b</sup>
<i>Locale côtelette</i>	4,26 ± 0,16 <sup>c</sup>
<i>Locale cerise</i>	6,74 ± 0,27 <sup>e</sup>
<b>Référence</b>	<i>Vitamine C</i>
	2,72 ± 0,06 <sup>a</sup>

Les valeurs affectées des mêmes lettres sur la même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil ( $p \leq 0,05$ )

## 4 DISCUSSION

La présence en abondance d'eau dans les aliments favorise la croissance de plusieurs micro-organismes (certaines bactéries, levures et moisissures) [25]. A cet effet, la forte teneur en eau des tomates serait à l'origine de leur grande périssabilité. Cela entraîne des difficultés dans sa conservation. Cependant, l'acidité de ces tomates pourrait inhiber la majeure partie des microorganismes susceptibles de les altérer à l'exception des bactéries acidophiles, des levures et des moisissures [26].

Le taux de cendre des différentes tomates analysées est similaires à ceux rapportés par Guil-Guerrero et Reboloso-Fuentes [27] et Pinela *et al* [28] qui ont obtenus des taux de cendre de leurs tomates étudiées compris entre 0,6 à 1,4%. L'existence de ces cendres est une présomption de la présence des minéraux dans ces différentes variétés. Aussi, la composition en protéine, lipide et glucide de ces tomates est proche de celui obtenu par ces mêmes auteurs [28] ; [27] à l'exception de celui de la variété *locale cerise* qui a une teneur en lipide de 0,79%. Cette forte teneur en lipide de la variété *locale cerise* pourrait s'expliquer par

le fait que les conditions climatiques, environnementales, le stade de maturité et la variété de tomate cultivée influencent considérablement la teneur en nutriment des tomates [14].

La teneur en micronutriments des quatre variétés de tomate est proche de celles des tomates étudiées par Halevy *et al*, [29] et Guil-Guerrero et Reboloso-Fuentes [27]. Ces micronutriments varient légèrement d'une variété à l'autre. Ils jouent un rôle important dans la prévention contre plusieurs pathologies. En effet, le zinc et le manganèse permettent de lutter contre les maladies inflammatoires [30]. Ils favorisent également le piégeage des radicaux libres [31]. Quant au potassium, il contribue à la régulation de la pression artérielle [32, 33]. Houston et Whelton ont montré que chez un sujet hypertendu, une supplémentation en potassium de 4700 mg/jour réduirait la pression artérielle de 4,4/2,5 mmHg. Par ailleurs, le calcium a une activité anticarcinogène car il permet de réduire le risque de cancer colorectal [34]. En association avec le phosphore, le calcium permet de lutter contre l'ostéoporose qui est la fragilisation des os due à la carence en calcium [35]. Le magnésium est un cofacteur enzymatique limitant la conversion de l'acide linoléique en acide  $\gamma$ -linoléique. Ce dernier peut contribuer à la synthèse de la prostaglandine (substances entraînant des troubles au niveau du cerveau) [36, 37].

Au cas où ces minéraux seraient biodisponibles, la consommation de ces différentes variétés de tomate pourraient prévenir l'hypertension artérielle, le cancer et le stress oxydatif par le piégeage des radicaux libres.

Parmi les variétés analysées, seule la teneur en vitamine C de la variété *UC82 b* (20,34 mg) est similaire à celle obtenue par Halevy *et al*, [29] puis Raffa *et al*, [38] qui ont une teneur comprise entre 11 et 21 mg pour 100 g de tomate fraîche. Les teneurs en vitamine C des variétés *locale cerise* (31,64 mg) et *locale côtelette* (35,4 mg) sont supérieures à cette valeur. Par contre, la variété *Amiral F1* qui a une teneur en vitamine C de 9 mg est plus faible par rapport à cette valeur. Ces différences observées entre la teneur en vitamine C d'une variété à l'autre pourraient être dues au degré de maturité ou à la technique de conservation post-récolte [38]. La présence de vitamine C dans ces tomates pourrait être bénéfique pour le consommateur car elle inhibe la production des radicaux libres réduisant ainsi le stress oxydatif [39]. De plus, elle aide à réguler le taux d'insuline chez les diabétiques [40, 41].

L' $\alpha$ -carotène, le  $\beta$ -carotène, le  $\beta$ -cryptoxanthine et le lycopène et bien d'autres caroténoïdes sont à l'origine de la couleur rouge des tomates [42, 43]. Ces composés sont pour la plupart des pro-vitamine A et aussi de puissants antioxydants. De ce fait, la présence de ces composés dans ces tomates pourrait aider le consommateur à lutter contre la carence en vitamine A. De plus, ces composés pourraient réduire le stress oxydatif par le piégeage des radicaux libres. Le taux de lycopène des différentes tomates analysées est similaire aux résultats de Schierle *et al*, [44] et Gross [45] qui ont obtenu une teneur en lycopène comprise entre 0,88 et 4,2 mg pour 100 g de tomate fraîche. Le lycopène constitue le caroténoïde majeur des tomates [4]. C'est ce composé qui contribue à la coloration rouge des tomates lorsqu'elles sont mûres [3]. Il présente de fortes propriétés antioxydantes d'où un rôle important dans le piégeage des radicaux libres. Ces propriétés confèrent à la tomate un fort pouvoir antioxydant.

Les teneurs en polyphénol dosées dans les tomates étudiées sont inférieures à celles obtenues par Pinela *et al*, 2012 qui se situent entre 21,34 et 31,23 mg/100 g EAG. Cette différence de teneur en polyphénol pourrait être due soit à la variété de tomate soit au stade de maturité des tomates ou même aux conditions agronomiques et environnementales pendant la culture tel que décrit par Abushita *et al*, [46]; Binoy *et al*, [47]; Leonardi [48] et Strazzullo [49]. En plus de cela, la procédure d'extraction des composés phénoliques peut influencer la teneur en composés phénoliques [50] ; [51].

Les composés à pouvoir antioxydant contenus dans les tomates sont hydrophiles ou lipophiles. La fraction hydrophile est composée de la vitamine C et des composés phénoliques tandis que la fraction lipophile est composée principalement des caroténoïdes. Ces composés à fort pouvoir antioxydants contenus dans les tomates interagissent de façon synergique pour lutter contre le stress oxydatif et contribuer à la santé [52]; [53]; [48]. La variété *Amiral F1* présente le plus fort pouvoir antioxydant et le taux le plus élevé de polyphénols totaux. Ces résultats confirment une fois de plus les fortes propriétés antioxydantes des composés phénoliques [54, 55]. Les travaux de Obrenovich *et al* [56] ont montré un fort impact des composés phénoliques sur la réduction des risques de cancers et des maladies chroniques.

## 5 CONCLUSION

Ce travail a permis de déterminer la composition en nutriment (protéines, glucides, lipides et minéraux) et en composés à pouvoir antioxydant (vitamine C, caroténoïdes et polyphénols) de quatre variétés de tomate cultivées en Côte d'Ivoire. Il ressort de cette étude que la composition en nutriment, en composés à pouvoir antioxydant et la capacité antioxydante est fonction de la variété. Parmi les variétés de tomate étudiées, *Amiral F1* présente le meilleur profil car elle a la plus faible valeur énergétique et le plus fort pouvoir antioxydant. Toutes ces variétés sont de véritables sources de micronutriment. Leur consommation peut donc permettre de lutter contre la carence en ces nutriments. De plus, la présence des composés

antioxydants tels que la vitamine C, les polyphénols et le lycopène dans ces tomates pourrait faire d'elles une véritable source d'antioxydant. De ce fait, leur consommation régulière pourra donc permettre de lutter contre le stress oxydatif.

## REFERENCES

- [1] DeBroglie and D. Guérout, *Tomates d'hier et d'aujourd'hui*. 2005.
- [2] FAOSTAT., *Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture*. <http://faostat.fao.org/>, 2013.
- [3] Zeb, A. and S. Mehmood, *Carotenoids contents from various sources and their potential health applications*. Pakistan Journal of Nutrition, 3: pp. 199-204., 2004.
- [4] Rao and Agarwal. *S Role of lycopene as antioxidant carotenoid in the prevention of chronic diseases: A review*. Nutrition Research, 19(2): pp. 305-323, 1999.
- [5] Clinton, S.K., *Lycopene: Chemistry, biology, and implications for human health and disease*. Nutr Rev, 56(2): pp.,35, 1998.
- [6] Giovannucci, E., Rimm, E.B., Liu, Y., Stampfer, M.J., Willett, W.C., *A prospective study of tomato products, lycopene, and prostate cancer risk*. J. Natl. Cancer Inst, 94: pp. 391-398, 2002.
- [7] Agarwal, S. and A. Rao, *Tomato lycopene and its role in human health and chronic diseases*. Can Med Am J: pp. 163:739, 2000.
- [8] Rao, A.V., & Rao, L. G., *Carotenoids and human health*. . Pharmacological Research, 55: pp. 207-216, 2007.
- [9] Lenucci, M.S., Cadinu, D., Taurino, M., Piro, G., and Dalessandro, G., *Antioxidant composition in cherry and high-pigment tomato cultivars*. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 54: pp. 2606-2613, 2006.
- [10] Gautier, H., V.D. Verdin, C. Bénard, M. Reich, M. Buret, F. Bourgaud, J.L. Poessel, C. Caris-Veyrat, and M. Génard, *How does tomato quality (sugar, acid, and nutritional quality) vary with ripening stage, temperature, and irradiance?* . J. Agric. Food Chem., 56: pp. 1241-1250, 2008.
- [11] Ilahy, R., Hdider, C., Lenucci, M.S., Tlili, I., Dalessandro, G., *Phytochemical composition and antioxidant activity of high-lycopene tomato (Solanum lycopersicum L.) cultivars grown in Southern Italy*. Sci. Hortic., 127: pp. 255-261, 2011.
- [12] Kotkov, Z., Lachman, J., Hejtmnkov, A., Hejtmnkov, K., *Determination of antioxidant activity and antioxidant content in tomato varieties and evaluation of mutual interactions between antioxidants*. LWT - Food Sci. Technol, 44: pp. 1703-1710, 2011.
- [13] Bañón, A.M. and H.-R. Josefa, *Growth conditions influence the melatonin content of tomato plants*. Food Chemistry, 138(2-3): pp. 1212-1214, 2013.
- [14] Dominguez, I., M.T. Lafuente, P. Hernandez-Muioz, and R. Gavara, *Influence of modified atmosphere and ethylene levels on quality attributes of fresh tomatoes (Lycopersicon esculentum Mill.)*. Food Chemistry, 209: pp. 211-219, 2016.
- [15] AOAC, *Analytic Official Methods of Analysis of the Association Chemists.*, 1990.
- [16] AFNOR, *Association Française de Normalisation. Recueil des normes françaises des céréales et des produits céréaliers*. Troisième édition: pp. 1-422 pp, 1991.
- [17] FAO., *Food energy - methods of analysis and conversion factors*. Food And Nutrition Paper 77: pp. 93p., 2002.
- [18] Pelletier F. and D. St-Louis, *Etude cinétique à l'ombre et à la lumière de la vitamine C*, Sciences de la nature. 1999.
- [19] Benakmoum, A., S. Abbeddou, and A. Ammouche, *Valorisation of low quality edible oil with tomato peel waste*. Food Chemistry, 110: pp. 684-690, 2008.
- [20] Singleton, V.L., Orthofer, R., Lamuela-Raventos, R. M., *Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of the Folin-Ciocalteu reagent*. Methods Enzymology, 299: pp. 152-178, 1999.
- [21] Wood , Senthilmohan S. T., and P.A. V., *antioxidant activity of procyanidin-containing plant extracts at different pHs*. Food Chemistry, T.77: pp. p.155-161, 2002.
- [22] Marinova, R. F., and a. M.Atanassova, *Total phenolics in bulgarian Fruits and vegetables*. Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy, T.40, N°3: pp. p.255-260, 2005.
- [23] Von Gadow, A., Joubert, E., Hansmann, C.F., *Comparison of antioxidant activity of aspalathin with that of other plant phenols of rooibos tea (Aspalathus linearis), alpha-tocopherol, BHT and BHA*. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 45: pp. 632-638, 1997.
- [24] Molyneux, P., *The use of stable free radical diphenylpicrilhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity* . Songklanakarin J. Sci. Technol., 26 (2): pp. 211-219., 2004.
- [25] Maria M. Gil, Fátima A. Miller, Teresa R. S. Brandão, and C.L.M. Silva., *Combined effects of temperature, pH and water activity on predictive ability of microbial kinetic inactivation model*, 9th International Conference on Predictive Modelling in Food Procedia Food Science, 7: pp. 67 - 70, 2016.
- [26] Ji-Yeon Lee., Sang-Soon Kim., and Dong-Hyun Kang. - *Effect of pH for inactivation of Escherichia coli O157:H7, Salmonella Typhimurium and Listeria monocytogenes in orange juice by ohmic heating*. Lwt. Food Science And Technology, 62: pp. 83-88, 2015.

- [27] Guil-Guerrero, J.L. and M.M. Reboloso-Fuentes, *Composition and Analysis Nutrient composition and antioxidant activity of eight tomato (Lycopersicon esculentum) varieties*. Journal of Food Composition and Analysis journal, 22: pp. 123-129, 2009.
- [28] Pinela, J., L. Barros, A.M. Carvalho, and I.C.F.R. Ferreira, *Nutritional composition and antioxidant activity of four tomato (Lycopersicon esculentum L.) farmer' varieties in Northeastern Portugal homegardens*. Food and Chemical Toxicology, 50(3-4): pp. 829-834, 2012.
- [29] Halevy, S., H. Koth, and K. Guggenheim, *The vitamin and mineral content of fruits and vegetables grown in Israel*. British Journal of Nutrition, 11(04): pp. 409, 2007.
- [30] Prasad, A.S., *An Antioxidant And Anti-Inflammatory Agent: Role Of Zinc In Degenerative Disorders Of Aging*. urnal of Trace Elements in Medicine and Biology, 2014.
- [31] Silvestro, R.D., *Zinc in relation to diabetes and oxidative disease*. J Nutr, 130: pp. 1509S-1511S, 2000.
- [32] Houston, M., *The importance of potassium in managing hypertension*. Curr. Hypertens. Rep. , 13(4): pp. 309-317, 2011.
- [33] Whelton, P. and J. He, *Potassium in preventing and treating high blood pressure*. Semin. Nephrol, 19: pp. 494-499, 1999.
- [34] Flood, A., U. Peters, N. Chatterjee, J.J. Lacey, C. Schairer, and and Schatzkin A., *Calcium from Diet and supplements is associated with reduced risk of colorectal cancer in a prospective cohort of women*. Cancer Epidemiology Biomarkers & Prevention, 14(1): : pp. 126-132, 2005.
- [35] P. Fournier and Y. Dupuis, *Métabolisme minéral des mammifères*. Eléments de Nutrition Dynamique. Edition personnelle. Volume VIII, 2009.
- [36] Laurant P. and R.M. Touyz, *Physiological and pathophysiological role of magnesium in the cardiovascular system: Implication in hypertensive*. . J. Hypertens 18, 1177-1191, 2000.
- [37] Widman L., Wester PO., Stegmayr BG., and M.P. Wirell., *The dose dependant reduction in blood pressure through administration of magnesium: A double blind placebo controlled cross-over trial*. . Am. J. Hypertens 6, 41-45, 1993.
- [38] Raffo, A., C. Leonardi, V. Fogliano, P. Ambrosino, M. Salucci, L. Gennaro, R. Bugianesi, F. Giuffrida, and G. Quaglia, *Nutritional value of cherry tomatoes (Lycopersicon esculentum cv. Naomi F1) harvested at different ripening stages*. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50(22): pp. 22, 2002.
- [39] Carr, A. and B. Frei, *Does vitamin C act as a pro-oxidant under physiological conditions*. The FASEB Journal, 13: pp. 1007-24, 1999.
- [40] Kelly, F., *L'utilisation des antioxydants dans la prévention et le traitement de la maladie*. Journal de la Fédération internationale de chimie clinique, IFCC 10 (1) :: pp. 21-3 PMID 10181011, 1998.
- [41] Mayne, S., *Nutriments antioxydants et les maladies chroniques : l'utilisation de biomarqueurs d'exposition et état de stress oxydatif dans la recherche épidémiologique*. Le Journal de la nutrition 133 Supp1 3 : 940S. 933S PMID 12612179., 2003.
- [42] Burns, J., Paul, D., Fraser, P., Bramley, M., *Identification and quantification of carotenoids, tocopherols and chlorophylls in commonly consumed fruits and vegetables*. Phytochemistry, 62: pp. 939-947, 2003.
- [43] Khachik, F., L. Carvalho, P.S. Bernstein, J. Garth, D.Z. Muir, N.B. Katz, and . , *Chemistry, distribution, and metabolism of tomato carotenoids and their impact on human health*. Experimental Biology and Medicine, 227: pp. 845-851, 2002.
- [44] Schierle, Bretzel W, Buhler I, Faccin N, Hess D, Steiner K, and S. W., *Contents and isomeric ratio of lycopene in food and human plasma*. Food Chemistry, 59: pp. 459:465, 1996.
- [45] Gross, J., *Pigments in fruits*. London: Academic Press, 1987.
- [46] Abushita, A.A., H.G. Daood, and P.A. Biacs, *Change in Carotenoids and Antioxidant Vitamins in Tomato as a Function of Varietal and Technological Factors*. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 48: pp. 2075-2081, 2000.
- [47] Binoy, G., Kaur C., D.S. Khurdiya, and H.C. Kapoor, *Antioxidants in tomato (Lycopersium esculentum) as a function of genotype*. Food Chemistry, 84: pp. 45-51, 2004.
- [48] Leonardi, C., Ambrosino, P., Esposito, F., Fogliano, V., *Antioxidative Activity and Carotenoid and Tomatine Contents in Different Typologies of Fresh Consumption Tomatoes*. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 48: pp. 4723-4727, 2000.
- [49] Strazzullo, G., De Giulio, A., Tommonaro, G., La Pastina, C., Poli, A., Nicolaus, B., De Prisco, R., Saturnino, C , , *Antioxidative activity and lycopene and beta-carotene contents in different cultivars of tomato (Lycopersicon esculentum)*. International Journal of Food Properties, 10: pp. 1-9., 2007.
- [50] Hinneburg, I., Neubert, R.H., *Influence of extraction parameters on the phytochemical characteristics of extracts from buckwheat (Fago- pyrum esculentum) herb*. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 53: pp. 3-7, 2005.
- [51] Mukhopadhyay, S., Luthria, D.L., Robbins, R.J., *Optimization of extraction process for phenolic acids from black cohosh (Cimicifuga racemosa) by pressurized liquid extraction*. Journal of the Science of Food and Agriculture, 86: pp. 156-162, 2006.
- [52] Borguini, R., Torres, E., *Tomatoes and tomato products as dietary sources of antioxidants*. Food Reviews International, 25: pp. 313-325, 2009.

- [53] Frusciante, L., Carli, P., Ercolano, M. R., Pernice, R., Di Matteo, A., Fogliano, V., Pellegrini, N.. *Antioxidant nutritional quality of tomato*. Molecular Nutrition & Food Research, 51: pp. 609-617, 2007.
- [54] Balasundram N., K. Sundram., and S. S., *Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: antioxidant activity, occurrence, and potential uses*. Food Chem. Toxicol, 99: 191-203. , 2006.
- [55] Dai, J. and R.J. Mumper, *Plant phenolics: extraction, analysis and their antioxidant and anticancer properties*, Molecules. 15(10): 7313-7352, 2010.
- [56] Obrenovich, M.E., Nair N. G., Beyaz A., A. G., and R.V. P.. *The Role of Polyphenolic Antioxidants in Health, Disease, and Aging*. Rejuvenation Research 13(6): 1-13, 2010.